

## АНАЛИЗ АНОМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЙ В АСИНХРОННЫХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ РУДНИЧНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

До 55-65% общего объема электропотребления рудных шахт Украины составляют затраты на доставку полезного ископаемого от места их добычи на поверхность [1].

Сохраняя свое доминирующее положение при доставке грузов и людей в подземных выработках отечественных шахт и рудников локомотивный транспорт и его электротехнический комплекс за последние 25-30 лет практически не претерпел необходимых и давно ожидаемых технических усовершенствований. Практически все типы рудничных электровозов оборудованы неэкономичными и неэффективными реостатными (контакторно-резисторными) системами управления тяговыми двигателями постоянного тока.

В результате этого, помимо ежегодно увеличивающихся объемов потребления электроэнергии, увеличиваются и объемы затрат на обслуживание и ремонт подвижного состава, 55-56% от которых – это затраты на ремонт и обслуживание тягового электропривода (ТЭП) электровозов.

При этом, крайне низкой остается надежность работы электрооборудования электровозов. Так, срок службы тяговых двигателей в среднем не превышает 1-2-х месяцев, контроллеров – 3-4-х месяцев. При этом общеизвестно, что 40-50% потребляемой рудничным электровозом электроэнергии от питающей контактной сети (ПКС) «теряется» в пускорегулирующих реостатах. Продолжение машиностроительными заводами Украины (НПО «Электровозостроение» г.Днепропетровск), «Дружковский машиностроительный завод» выпуска, а горными предприятиями закупок и эксплуатации электровозов с прежней системой ТЭП, усугубляет проблему электроэнергосбережения, а следовательно, ускоряет кризис в угле- и рудодобывающих отраслях страны.

Таким образом, очевидно, что данные системы ТЭП требуют своей скорейшей замены на современные и эффективные.

Оценивая различие взглядов разработчиков и эксплуатационников рудничных электровозов можно сделать обобщающий вывод с мнения – одной из актуальных задач, подлежащих первоочередному разрешению, в горнометаллургической отрасли Украины является разработка электроэнергосберегающего электропривода с компактными и экономичными импульсными преобразователями напряжения питания тяговых электрических двигателей.

Во многом, определяющим моментом работоспособности, а, следовательно, эффективность ТЭП с импульсным преобразователем электрической энергии (ЭЭ) питания ТЭД, является помимо стоимостного фактора, устойчивость функционирования комплекса при различных одиозно возмущающих воздействиях. Более того, данный показатель является «пропуском» или «непропуском» данных систем ТЭП в практику производства новых и давно ожидаемых эксплуатационниками, видов рудничных электровозов с повышенной электроэнергоэффективностью [2].

Более того, как свидетельствуют результаты испытаний экспериментальных образцов ТЭП, последние не подтвердили требуемый уровень своей эффективности из-за неустойчивости работы при возникновении псевдоаварийных ситуаций и невозможности защиты всего комплекса привода от последующего перехода их в аварийные состояния [2,7].

Первым шагом исследований являлась разработка функциональной структуры защиты ТЭП (рис. 1).

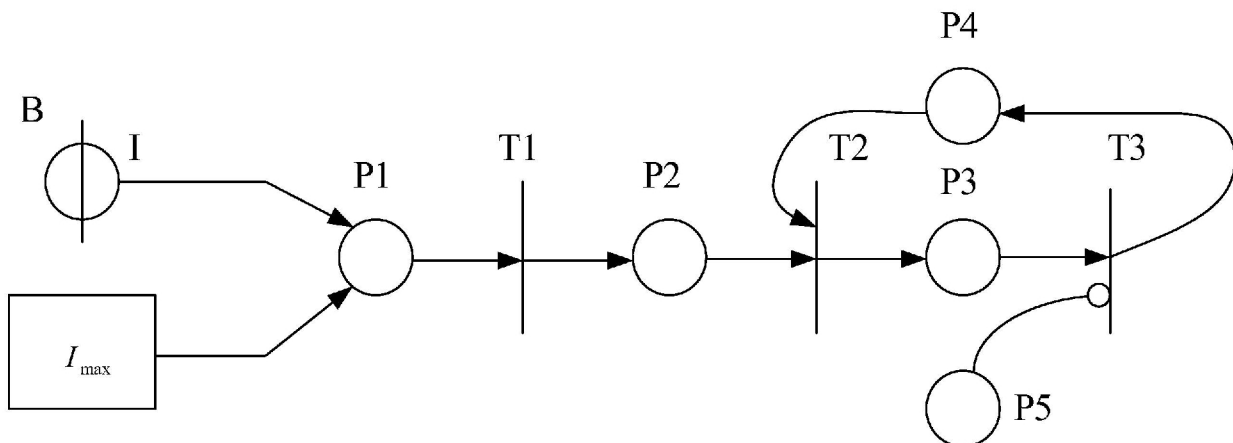


Рис.1 Базовая сеть Петри канала защиты от сверхтоков

Как показали исследования, основной причиной возникновения внештатных ситуаций (ВШС) в ТЭП рудничных электровозов являются коммутационные перенапряжения в элементах электропривода. При этом минимальная частота возникновения ВШС колеблется в пределах 2-4 случаев в секунду. Основная причина такого явления – это потеря, с последующим несанкционированным восстановлением, напряжения питания ТЭП в результате обрыва пантографа электровоза от контактного провода [2,7].

Если учесть, что данный фактор является непрогнозируемым и что возникновения других влияющих факторов еще более усугубляет ситуацию, то необходимость разрешения этой проблемы становится более чем очевидной. Однако, возможность и реальность решения определяется уровнем достоверности анализа этих процессов, которые, в свою очередь, зависят от принятого исследовательского аппарата. Перебор вариантов решений, позволил автором остаться на нетривиальном подходе, а именно применению в качестве исследовательского аппарата теории сетей Петри [4,5,6].

Сеть Петри, описывающая, функциональную схему анализируемой системы моделирует процесс, происходящий при ее работе. Поскольку процесс протекает во времени, для его изучения нужно зафиксировать процесс в форме некоторой «истории процесса», которую обычно отождествляют с самим процессом.

Сеть Петри канала защиты от сверхтоков в тяговой цепи представлена на рис. 1, табл. 1 и 2.

При текущем в цепи токе  $I$  более заданного  $I_{max}$  позиция P1 приобретает фишку  $n=1$ , далее сеть срабатывает до упора и останавливается. Преодолеть барьер T3 можно только путем вмешательства оператора извне снятия запрета.

Таблица 1 Обозначение условий – мест  $P_i$  в модели модели сети на рис. 1

Позиция	Условие - шесть
P1	Есть $I \geq I_{max}$ , фишка $n=1$
P2	АФ включен
P3	Аварийный режим AR
P4	Номинальный режим AR
P5	Оператор

Таблица 2 Обозначение событий – переходов  $T_j$  в сети Петри на рис. 1

Позиция	Событие - период
T1	включение АФ
T2	период AR в аварийный режим
T3	период AR в нормальный режим

Аналогично рис. 1 выглядят сети Петри для аварийных состояний по другим параметрам. Сети Петри каналов сигналов внутренних датчиков IGB транзисторных модулей и их снабберов выглядят еще короче.

Сеть Петри каналов сверхнапряжения представлена на рис. 2, табл. 3 и 4.

Таблица 3 Обозначение условий – мест  $P_i$  в модели сети Петри на рис. 2

Позиция	Условие - место
P1	Есть $t_u \geq t_{max}$
P2	АВ включен
P3	Внешний режим AR
P4	Нормальный режим
P5	QF отключен
P6	Есть $U_d \leq U_{max}$
P7	Есть $U_d \geq U_{max}$
P8	Есть контрольное время $t_k$

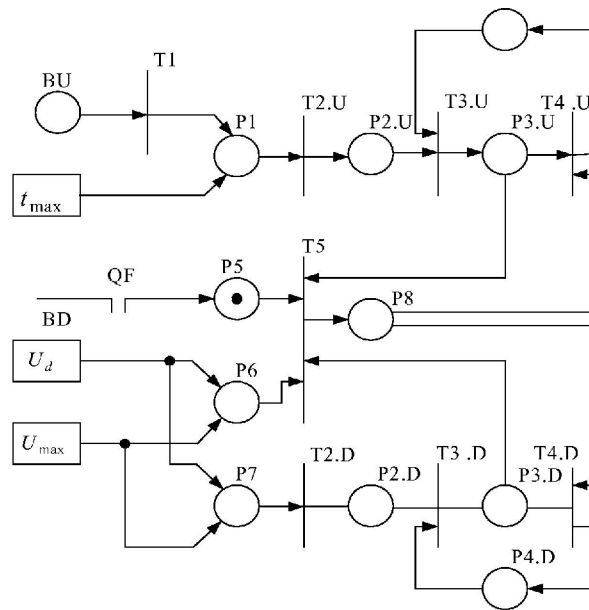


Рис. 2 Базовая сеть Петри каналов сверхнапряжения сверх – напряжения и сверхдлительности действия ограничителя

Таблица 4 Обозначение событий переходов  $T_j$  в модели сети Петри на рис. 2

Позиции	Событие – переход
T1	Вычисление $t_u$ - времени действия импульса $I_u$
T2	Включение АВ
T3	Перевод АР в внештатный режим
T4	Перевод АР в нормальный режим =автоматическое повторное включение
T5	Включения отсчета контрольного времени $t_k$

Модели сетей Петри прочих каналов системы защиты тягового электропривода аналогичны приведенным на рис. 1 и 2.

Вывод. Предложенный подход и тактика структурного анализа тягового электропривода переменного тока по методу сетей Петри позволяет разработать алгоритмы защиты всех каналов комплекса ТЭП от псевдоаварийных и аварийных режимов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Азарян А.А., Білкул Ю.Г., Капленко Ю.П., Караманиць Ф.І. та ін. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та пееробки мінеральної сировини, технічні засоби їх моніторингу із системами управління і оптимізації гірничорудних виробництв. – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.
2. Синчук О.Н., Юрченко Н.Н., Чернышев А.А., Синчук И.О., Удовенко О.А., Пасько О.В., Гузов Э.С. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электропозов. Монография. Национальная академия наук Украины. Институт электродинамики. – Киев. – 2006. – 250 с.
3. Питерсон Д. Теория и моделирование систем. Пер. с англ. М.В. Горбатовой и др. под ред. В.А. Горбатова. М. «Мир», 1984, 264 с.
4. Котов В.Е. Сети Петри. М «Наука». 1984, 158 с.
5. Котов В.Е., Сательфельд В.К. Теория схем программ. М. «Наука». 1991, 247 с.
6. Руднев В.В. К вопросу об описании инверторных процессов сетями Петри. «Автоматика и телемеханика» . 1985, №8, с. 115-121.
7. Синчук О.Н., Чумак В.В., Ершов О.В. Импульсные системы управления и защиты на рудничном электровозном транспорте. Под ред. О.Н. Синчука. Киев, «АДЕФ – Украина», 1998, 278 с.